

Efectos del almacenamiento en la calidad fisiológica de la semilla de berenjena (*Solanum melongena* L.)

Effect of storage on the physiological quality of eggplant seeds (*Solanum melongena* L.)

Hermes Aramendiz-Tatis¹, Carlos Cardona², Alfredo Jarma³, Juana Robles⁴ y Ricardo Montalván⁵

Resumen: El cultivo de la berenjena en el departamento de Córdoba (Colombia) tiene lugar en medio de varias limitaciones tecnológicas; una de ellas es la carencia de semilla de buena calidad, lo cual reduce la competitividad de los agricultores. Esta investigación evaluó la germinación y el vigor de la semilla de berenjena en función del tipo de empaque y las condiciones de almacenamiento. El período en el que las semillas permanecen viables es extremadamente variable y, aunque está determinado genéticamente, los factores ambientales y las condiciones de almacenamiento tienen un efecto decisivo en la duración de la vida de una semilla. Fueron utilizadas semillas de berenjena (*Solanum melongena* L., cv. Criollo) en las que se determinó contenido de humedad, germinación y vigor por un período de 11 meses. El diseño experimental fue de Bloques Completos al Azar con cuatro tratamientos (refrigerador a 5,5°C y 70% HR con empaques en recipiente plástico o bolsa de aluminio y condiciones naturales a 27,0°C y 86,58% HR con empaques en bolsa de papel o recipiente de vidrio) con seis repeticiones y 100 semillas en cada unidad experimental. Los resultados indican que las semillas almacenadas en refrigerador, independientemente del tipo de empaque, conservaron una mejor calidad fisiológica; por su parte, en condiciones no controladas, el deterioro es mucho más rápido por la permeabilidad del empaque a las oscilaciones ambientales.

Palabras clave: vigor, germinación, deterioro, almacenamiento de semillas.

Abstract: The eggplant in the department of Córdoba (Colombia) is produced with technological limitations, between which is poor seed quality reducing the competitiveness of the agriculturists. The objective of the research was to evaluate germination and vigor of eggplant seeds based on the type of packing and conditions of storage. The period that seeds remained viable was extremely variable and, although controlled genetically, the environmental factors and storage had a decisive effect on the duration of seed storage. Seeds of eggplant (*Solanum melongena* L., cv. Criollo) were used for the determinations of water content, germination, and vigor by a period of 11 months. The experimental design was complete blocks at random with four treatments (refrigerator at 5.5 °C and 70% RH with packing in plastic container or aluminum bag and natural conditions with packing in stock market of 27.0° C and 86.58% RH paper bag or glass container), six replicates and 100 seeds in each experimental unit. The results indicated that seeds stored in refrigerator, independently of the type of packing, conserved better physiological quality, whereas in uncontrolled environments, the deterioration were much faster due to permeability of the packing to the environmental oscillations.

Key words: vigor, germination, deterioration, seed storage.

Fecha de recepción: 5 de febrero de 2007
Aceptado para publicación: 06 de junio de 2007

- ¹ Profesor titular, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba, Montería. e-mail: haramendiz@hotmail.com
- ² Profesor titular, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba, Montería. e-mail: ccardona@sinu.unicordoba.edu.co
- ³ Profesor asociado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba, Montería. e-mail: ajarma24@yahoo.com
- ⁴ Profesor asociado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba, Montería. e-mail: jrobles@sinu.unicordoba.edu.co
- ⁵ Investigador, EMBRAPA, Teresina, PI (Brasil). e-mail: ricardo.montalvan@hotmail.com

Introducción

LA BERENJENA (*Solanum melongena* L.) pertenece a la familia Solanaceae y se cultiva desde hace más de 4.000 años. Es originaria de las zonas tropicales de China e India de donde paso al continente Europeo en la Edad Media a causa de su introducción por los árabes en España; así mismo, éstos la trajeron a Colombia en la década de los años 30 del siglo pasado, contribuyendo significativamente al enriquecimiento de la base alimentaria y cultural del departamento de Córdoba.

Esta hortaliza es cultivada por pequeños productores en áreas que oscilan entre 1.000 y 2.500 m², a partir de semillas plantadas inicialmente en semilleros o bandejas de germinación, para posteriormente ser transplantada al sitio definitivo. Posee alta demanda regional y un alto potencial exportador dada las ventajas competitivas del departamento de Córdoba; en los últimos años ha registrado un crecimiento promedio anual de 4%, que ubica a este departamento como el mayor productor de Colombia, con una producción de 2.440 toneladas (t) bajo sistemas de producción que presentan serias limitantes tecnológicas que reducen la competitividad de los agricultores; entre aquellas la falta de semillas de buena calidad es una de las más importantes.

El almacenamiento de la semilla de berenjena en el Caribe húmedo se lleva a cabo en condiciones ambientales de alta humedad relativa (85% HR) y temperatura ambiental (>27°C), las cuales no se controlan; estas variables asociadas influyen significativamente en la calidad. Macedo *et al.* (1999) anotan que los contenidos de humedad tienen una influencia directa en la longevidad de las semillas porque estimulan la actividad metabólica del embrión. Esta circunstancia es relevante dado que la calidad fisiológica de la semilla se ve afectada negativamente, mientras lo que se requiere es un alto potencial fisiológico representado en el vigor de las semillas.

Los conceptos de ‘vigor’, atributo perteneciente a las semillas capaces de germinar, y ‘deterioro’ están fisiológicamente ligados y son aspectos recíprocos que inciden en la calidad de la semilla. El deterioro tiene una connotación negativa, mientras que el vigor tiene un significado extremadamente positivo: el vigor disminuye a medida que el deterioro aumenta por incremento de la temperatura y la HR en el tiempo de almacenamiento. Estrictamente, deterioro se refiere al proceso de envejecimiento y muerte de las semillas y por lo tanto, el vigor es el principal componente de la calidad que se ve

afectado por el proceso de deterioro (Carvalho y Nakagawa, 1998; Teofilo *et al.*, 2004; Delouche, 2002).

La longevidad de las semillas está determinada por un balance entre factores intrínsecos y extrínsecos que afectan principalmente los procesos de reparación y los mecanismos deletéreos del metabolismo (Bajaj, 1976). Además, el período en el que las semillas permanecen viables es extremadamente variable y está determinado genéticamente, aunque los factores ambientales y las condiciones de almacenamiento tienen un efecto decisivo en la duración de la vida de una semilla (Carvalho y Nakagawa, 1998).

Las semillas de berenjena son pequeñas y por esta razón pueden registrar diferencias en la absorción de agua a partir de la HR imperante en el medio de almacenamiento, lo cual origina variaciones en los contenidos de humedad de las muestras. La naturaleza higroscópica de las semillas y las condiciones ambientales en que se encuentran influyen en el proceso de toma o pérdida de agua; ello causa daños que reducen la calidad fisiológica de las mismas. En la medida en que se incrementan los ciclos de hidratación y pérdida de agua, se reduce la germinación y los efectos son más críticos con los períodos de hidratación (Willians *et al.*, 1980; Copeland y McDonald, 1995).

El aumento de la HR y de la temperatura, asociados con el tiempo de almacenamiento de la semilla, conducen a una disminución progresiva del vigor de las semillas en razón del deterioro ocasionado por la pérdida de la integridad de las membranas (Delouche y Baskin, 1973; Delouche *et al.*, 1973). La HR ejerce influencia sobre el contenido de humedad de la semilla y su efecto es directo sobre su longevidad. Al respecto, Powell y Matthews (1981) expresan que el envejecimiento de las semillas ocurre mucho más rápido cuando presentan alto contenido de humedad y son almacenadas a temperatura alta, pues se afectan los procesos bioquímicos (Popinigis, 1985; Aguiar y Figliolia, 1993).

En este mismo sentido Woltz *et al.* (2006), en estudios adelantados con diversos niveles de enfriamiento en semillas de híbridos de maíz, encontraron que el contenido de humedad de las semillas jugó un papel determinante con un efecto inverso sobre la germinación y el vigor.

Aunque son muchos los factores que pueden afectar la germinación y, por consiguiente, la emergencia de las plántulas, la temperatura juega uno de los papeles más importantes (Nacimiento, 2005). Sin embargo, diversos

autores están de acuerdo en que no existe una temperatura óptima general, pues cada especie presenta un rango de temperatura óptima particular para germinar; dentro de este rango se pueden presentar diferencias marcadas entre cultivares (Lopes y Pereira, 2005; Alves *et al.*, 2002).

Santos *et al.* (2005) estudiaron las modificaciones fisiológicas y bioquímicas en cinco cultivares de frijol durante ocho meses bajo condiciones ambientales no controladas y reportaron que en cuatro de ellos se registró reducción del vigor y la germinación a causa del deterioro de las membranas celulares, que redundó en la pérdida de la capacidad de retención de solutos, lo que se considera como el primer paso hacia el deterioro de la calidad fisiológica de la semilla.

Teofilo *et al.* (2004) evaluaron la calidad fisiológica de semillas de aroreira (*Myracrodruon urundeuwa* Allemao), bajo condiciones de cámara fría y ambientales durante doce meses; reportaron que el almacenamiento en frío mantuvo la germinación alrededor de 83% independientemente del tipo de empaque; por su parte, las semillas almacenadas bajo condiciones naturales registraron una reducción drástica que llegó a 0% como consecuencia del equilibrio higroscópico de la semilla. Con respecto al vigor, en ambientes controlados este índice se incrementó entre los tres y los seis meses, declinando posteriormente; bajo en condiciones naturales, la pérdida del vigor fue bastante acentuada a partir del sexto mes, a causa del intercambio de agua de la semilla con el medio ambiente. Los efectos desfavorables sobre la calidad de las semillas, también pueden darse desde el campo, antes de su cosecha como lo reportan Bauer *et al.* (2003) en semillas de soya.

Estudios comparativos sobre diferentes pruebas de vigor, adelantados por Barros *et al.* (2002b), señalaron que la germinación de semillas de tomate a bajas temperaturas (18°C) y la emergencia de plántulas resultaron eficientes para la separación de lotes por vigor.

El objetivo de esta investigación fue estudiar la germinación y el vigor de la semilla de berenjena en función del tipo de empaque y las condiciones de almacenamiento.

Materiales y métodos

El estudio se adelantó entre los años 2005 y 2006, en campo y en el Laboratorio de Fitomejoramiento de la Universidad de Córdoba (Montería, Colombia). Las se-

millas se extrajeron de frutos con madurez completa del cultivar denominado 'Criollo' y se eliminaron aquellas que flotaron en la superficie del agua, como método de prevención para evitar semillas vanas o sin cavidad embrionaria; posteriormente se sometieron a secamiento al aire bajo sombra por 36 horas en las condiciones ambientales locales (Aizperrutia, 1965; Demir *et al.*, 2005).

Antes y después del almacenamiento se evaluó la calidad inicial de la semilla mediante las siguientes variables: germinación (%), vigor (índice de velocidad de germinación, IVG) y humedad de la semilla (%).

Germinación

Para los ensayos de germinación se aplicó el método de Brasil (1992) con algunas modificaciones ligeras sobre seis submuestras tomadas al azar de 100 semillas cada una, que fueron colocadas en bandejas. Se contó con seis repeticiones de 100 semillas cada una que fueron colocadas en bandejas que contenían una capa de algodón y se humedecieron con agua destilada sin sobresaturación, en cámara de germinación a 28°C, 80% HR, período luz:oscuridad de 8:16; por ser las semillas de berenjena de condición fotoblástica positiva (Rao *et al.*, 2006) se consideró como semillas germinadas aquellas que presentaron radícula de al menos 2 mm; el conteo de las plántulas normales se llevó a cabo a los diez días después de la germinación. Como plántulas normales se calificaron aquellas que mostraron el potencial para continuar su desarrollo y dar origen a plantas sanas, cuando son transplantadas a suelos de buena calidad y bajo condiciones favorables de humedad, temperatura y luz, es decir, plántulas intactas. En tanto que, como plántulas anormales se consideraron aquellas que no mostraron su potencial para continuar su desarrollo y dar origen a plantas normales, aún creciendo bajo condiciones favorables, es decir, plántulas deformadas y deterioradas (Brasil, 1992)

Vigor (índice de velocidad de germinación)

Se realizó simultáneamente con la prueba de germinación. Las evaluaciones de las plántulas normales se hicieron diariamente a las 7:00 am, retirando cada día del sustrato las plántulas normales germinadas hasta el día diez. En la determinación del índice de velocidad de germinación se utilizó la fórmula recomendada por Maguire (1962). El número de plántulas normales contabilizadas hasta el sexto día fue considerado para cuantificar el vigor (Barros *et al.*, 2002b):

$$IVG = P_1/T_1 + P_2/T_2 + P_3/T_3 + \dots + P_n/T_n$$

Donde,

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ = número de plántulas normales en el primer, segundo, tercer y último conteo de la evaluación.

$T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ = tiempo para cada germinación.

Humedad de la semilla

Se determinó por el método de desecación en estufa a 105°C por 17 horas (Besnier, 1989). Para ello, se tomaron dos submuestras de un gramo cada una empacadas en papel de aluminio. Luego del tiempo determinado previamente, se tomó nuevamente el peso y mediante la fórmula siguiente, se calculó el porcentaje de humedad:

$$\%H = \frac{wi - wf}{wi}$$

Donde,

$\%H$: porcentaje de humedad de las semillas.

wi : peso inicial

wf : peso final.

Diseño experimental

Experimento con clasificación anidada, con seis repeticiones y unidades experimentales (empaques) de 2.000 semillas cada una. El esquema de tratamientos fue el siguiente:

T1 = almacenamiento en recipiente plástico a 5,5°C y 70 % de HR.

T2 = almacenamiento en bolsa de aluminio a 5,5°C y 70 % de HR.

T3 = almacenamiento en condiciones naturales en bolsa de papel a 27,0 ± 0,43°C y HR de 86,58 ± 1,44%.

T4 = almacenamiento en condiciones naturales en botella de vidrio 27,0 ± 0,43°C y HR de 86,58 ± 1,44%.

El experimento evaluó, mediante análisis de varianza y análisis de regresión lineal simple, las respuestas de la

semilla sometida a los tratamientos descritos durante diferentes períodos de tiempo (30, 60, 90, 150, 180, 210, 240, 270, 300 y 330 días de almacenamiento). También se utilizó la prueba de separación de medias de Tukey cuando el estadístico de prueba F resultó significativo en cada fecha de germinación. Así mismo, antes de iniciar la investigación, se hizo una prueba control de germinación y vigor con semillas extraídas de frutos maduros, equivalente a cero días de almacenamiento de acuerdo con el método de Brasil (1992).

Resultados y discusión

Los cuadrados medios del análisis de variancia para cada una de las fechas consideradas en el estudio se encuentran consignados en la tabla 1. Se destaca que los coeficientes de variación se encuentran en el rango normal para esta variable.

Los resultados indicaron que durante los primeros 120 días de almacenamiento no se encontraron diferencias en la calidad fisiológica de la semilla para la variable ‘porcentaje de germinación’, lo que sugiere que en el corto plazo, la temperatura o el tipo de empaque estudiados no causa deterioro en la calidad de la semilla (tabla 2). Sin embargo, a partir de los 150 y hasta los 330 días se registró un comportamiento diferencial de los tratamientos, ya que éstos acusaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$): ello demuestra que, tanto las condiciones ambientales, como el tipo de empaque afectan la germinación en ese período de almacenamiento. Esto corrobora que el entorno de almacenamiento juega un papel importante en el mantenimiento de la calidad de semilla, tal como lo expresan Al-Yahya (2001) y Cardona *et al.* (2005). De igual manera, y como se mencionó anteriormente, diversos autores como Yanping *et al.* (2000) y Woltz *et al.* (2006) señalan que la temperatura de almacenamiento tiene un efecto pronunciado sobre la germinación, especialmente en semillas con contenidos de humedad bajos.

El almacenamiento refrigerado resultó mejor que el realizado bajo condiciones ambientales naturales, ya que las semillas sometidas a 5,5°C y 70% HR, empacadas bien sea en recipientes plásticos o en sobres de aluminio, mantuvieron sus porcentajes de germinación/día estables (95,16% y 94%, respectivamente) con respecto a la lectura inicial que fue de 94,8% (figura 1); ello coincide con lo reportado por Barros *et al.* (2002) y Guberac *et al.* (2003) y se explica por la baja actividad

Tabla 1. Cuadrados medios del análisis de varianza en los diferentes tiempos de almacenamiento respecto de las variables ‘germinación’ y ‘vigor de la semilla’.

Tiempo	Germinación (%)				Vigor (Plántulas/día)			
	C.M.	Error	Media	CV (%)	C.M.	Error	Media	CV (%)
30	16,04 ns	5,97	95,62	2,55	23,28*	6,59	39,93	6,43
60	1,59 ns	3,6	96,29	1,97	70,19**	2,78	35,95	4,64
90	4,00 ns	1,66	94,87	1,75	40,75**	2,77	34,69	4,80
120	181,61 ns	70,45	89,91	9,33	173,88**	10,00	29,93	10,57
150	210,70 **	13,97	91,37	4,09	511,79**	2,58	27,98	5,74
180	1916,72 **	81,48	81,41	11,08	718,25**	6,73	26,09	9,95
210	5072,37 **	44,12	71,62	9,27	1222,12**	4,56	22,11	9,65
240	7936,94 **	19,55	63,58	6,95	1519,81**	1,56	20,92	5,97
270	12916,37 **	12,89	55,7	6,44	1991,40**	1,48	18,97	6,40
300	14280,15 **	4,87	53,79	4,1	2001,41**	0,77	18,24	4,82
330	15921,39 **	2,78	50,08	3,33	2087,85**	3,87	17,35	11,33

ns: no significativo

** : significancia al 1% = P < 0,01

CV: (%): Coeficientes de variación.

Tabla 2. Valores medios de germinación (%) de semilla de berenjena (*Solanum melongena* L.) cv. Criollo almacenada en dos ambientes y cuatro tipos de empaque.

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (d)										
	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
T1	97,7 a*	96,3 a	96,2 a	91,0 a	97,0 a	96,5 a	95,2 a	96,0 a	95,8 a	96,0 a	95,2 a
T2	96,2 a	97,0 a	95,5 a	95,2 a	95,7 a	96,0 a	98,0 a	93,8 a	95,3 a	95,7 a	94,0 a
T3	94,0 a	96,0 a	94,5 a	82,2 a	88,2 b	72,8 b	51,2 b	36,7 b	22,8 b	17,7 b	10,0 b
T4	94,7 a	95,8 a	94,5 a	91,3 a	84,7 b	60,3 b	42,2 b	27,8 c	8,8 c	5,8 c	1,2 c

*Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$).

T1 (tarro plástico, nevera); T2 (bolsa aluminio, nevera); T3 (bolsa papel, ambiente natural); T4 (recipiente vidrio, ambiente natural).

metabólica de la semilla en esa oferta ambiental de temperatura y humedad relativa bajas.

El almacenamiento en condiciones naturales locales con empaqueo de semillas en bolsas de papel o en recipientes de vidrio, registró un decrecimiento abrupto en ambos tratamientos, ya que en ellos sus porcentajes de germinación/día respecto del valor inicial, disminuyeron a 83,30% y 93,57% respectivamente, lo que equivale a una pérdida de 0,2951% de germinación/día en bolsa de papel y de 0,3416% /día en el recipiente de vidrio (figura 1).

Esta respuesta diferencial obedece a las oscilaciones de temperatura ambiental y HR que tuvieron lugar mes a mes causando deterioro de la semilla por alteraciones en los procesos bioquímicos (tabla 3). Condiciones de alta humedad en las semillas y elevadas temperaturas

durante el almacenamiento, asociadas con la permeabilidad del empaque de papel y del recipiente de vidrio, son condiciones que facilitan la absorción de agua y conducen a envejecimiento acelerado y muerte de semillas (Salinas *et al.*, 1998; Cardona *et al.*, 2005). Así mismo, este proceso de deterioro destruye el sistema de membranas celulares causando perjuicios en la capacidad de retención de solutos y su lixiviación, y representa un excelente sustrato para el desarrollo de microorganismos (Lin, 1990; Santos *et al.*, 2005).

Adicionalmente, una leve absorción de agua con alta HR, como las que se registran en Córdoba, podría haber causado un efecto similar al de la técnica usada para mejorar la germinación en algunas especies, conocida como ‘acondicionamiento osmótico’, en el que la semilla se trata para que se embeba en agua lentamente, principalmente a temperaturas altas, alargando la

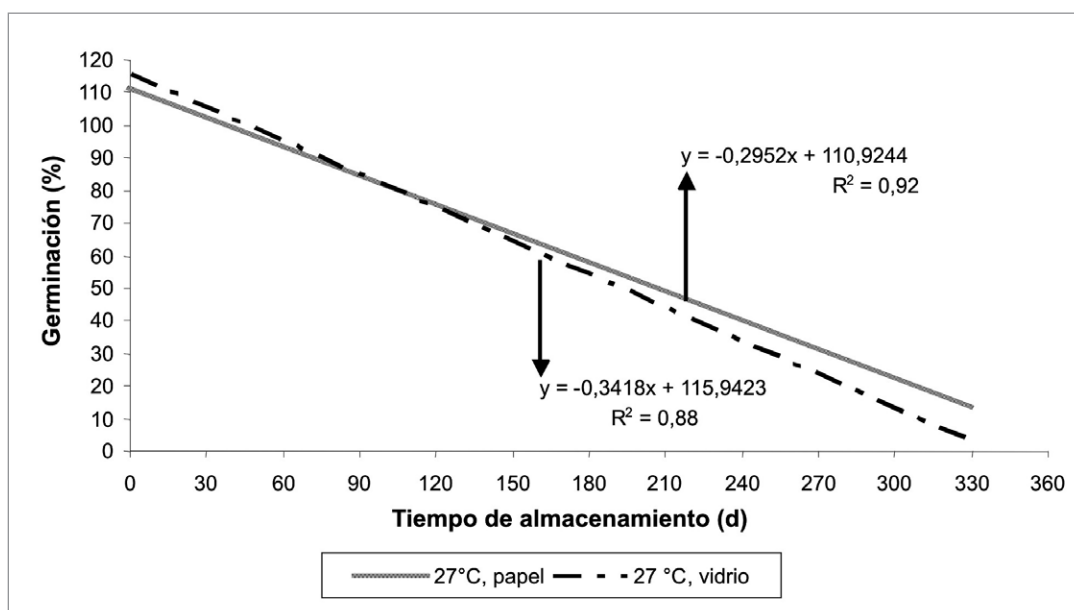


Figura 1. Relación funcional entre la germinación y el tiempo de almacenamiento en semillas de berenjena (*Solanum melongena* L.) cv. Criollo almacenadas en las condiciones ambientales locales en bolsas de papel y recipientes de vidrio (Sinú medio, 2005-2006).

fase II o fase de restricción en la emisión de la radícula (Nacimiento, 2005) (tabla 3); precisamente en esta fase ocurre la mayoría de las reacciones metabólicas que preparan a la semilla para la emisión de la radícula (fase III), lo que pudo desencadenar los procesos metabólicos irreversibles en las semillas colocada en ambiente natural, con la consecuente disminución en los porcentajes de germinación a través del tiempo.

Al examinar los cuadrados medios de vigor (índice de velocidad de germinación, IVG) en la tabla 1, se constata que hubo diferencias significativas entre los tratamientos a los 30 días ($P < 0,05$) y altamente significativas ($P < 0,01$), a partir de los 60 días; se enfatiza en que los almacenamientos a bajas temperaturas siempre resultaron superiores a los realizados en condiciones ambientales naturales.

Tabla 3. Valores de temperatura y humedad relativa de las condiciones ambientales locales, registrados durante los meses de estudio (Montería, Córdoba, 2005-2006).

Tiempo de almacenamiento (d)	Mes-año	T°C			HR (%)		
		Media	Máx.	Mín.	Media	Mín.	Máx.
30	junio 2005	27,8	30,0	25,0	87	82	95
60	julio 2005	28,8	29,3	25,4	86	79	92
90	agosto 2005	27,6	28,9	26,0	88	83	92
120	septiembre 2005	27,5	29,4	25,5	88	84	97
150	octubre 2005	27,6	29,6	24,7	87	81	95
180	noviembre 2005	27,1	28,8	24,4	87	79	94
210	diciembre 2005	26,5	28,2	24,0	89	84	95
240	enero 2006	26,7	28,2	24,7	87	83	94
270	febrero 2006	27,3	28,2	26,1	84	79	90
300	marzo 2006	27,9	29,0	25,5	84	79	95
330	abril 2006	27,3	29,0	25,5	86	81	92

De modo similar a lo ocurrido con el porcentaje de germinación, el almacenamiento refrigerado resultó favorable para la conservación del vigor de la semilla de berenjena, ya que las semillas sometidas a 5,5°C y 70% HR, en recipiente plástico o sobre de aluminio, redujeron su vigor en proporción menor, esto es, 18,4% y 20,5% respectivamente, en comparación con la almacenada en condiciones naturales, en bolsa de papel o recipiente de vidrio, que presentaron disminución del vigor de 94,5% y 99,2%, respectivamente (tabla 4).

Con los empaques de plástico y aluminio en ambiente refrigerado, la disminución del vigor se ajusta a los mode-

los lineal y cuadrático, respectivamente; mientras que en ambientes naturales, la disminución del vigor en empaques de papel y vidrio se ajusta a modelos lineales (figura 2). En el ambiente natural el deterioro es bien marcado comprometiendo con ello la calidad fisiológica de la semilla; así mismo, la capacidad de almacenamiento y la producción de plántulas normales se ven afectadas bajo condiciones adversas. Esto indica que, tanto la germinación como el vigor, se mantienen bajo ciertos límites de ambientes fríos y secos (Catunda *et al.*, 2003). Resultados obtenidos por Passam *et al.* (1999), señalan igual conducta en el cultivar de berenjena ‘Long Negro’ y atribuye esta conducta a la época en la cual las semillas fueron colectadas.

Tabla 4. Valores medios para el índice de velocidad de germinación (IVG) (plántulas/d) de semillas de berenjena (*Solanum melongena* L.) cv. Criollo almacenadas en dos ambientes y cuatro tipos de empaque.

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (d)										
	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
T1	41,3 ab*	39,4 a	37,7 a	33,7 a	36,8 a	35,8 a	34,8 a	34,9 a	35,3 a	34,5 a	33,7 a
T2	41,9 a	38,3 a	36,1 a	35,1 a	35,1 a	34,7 a	34,1 a	34,4 a	34,2 a	33,5 a	33,3 a
T3	37,9 c	33,3 b	32,8 b	23,8 b	20,5 b	20,0 b	10,5 b	8,2 b	4,7 b	3,7 b	2,1 b
T4	38,5 cb	32,7 b	32,3 b	27,1 b	19,5 b	13,7 c	9,0 b	6,1 c	1,7 c	1,2 c	0,3 b

*Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$).

T1 (tarro plástico, nevera); T2 (bolsa aluminio, nevera); T3 (bolsa papel, ambiente natural); T4 (recipiente vidrio, ambiente natural).

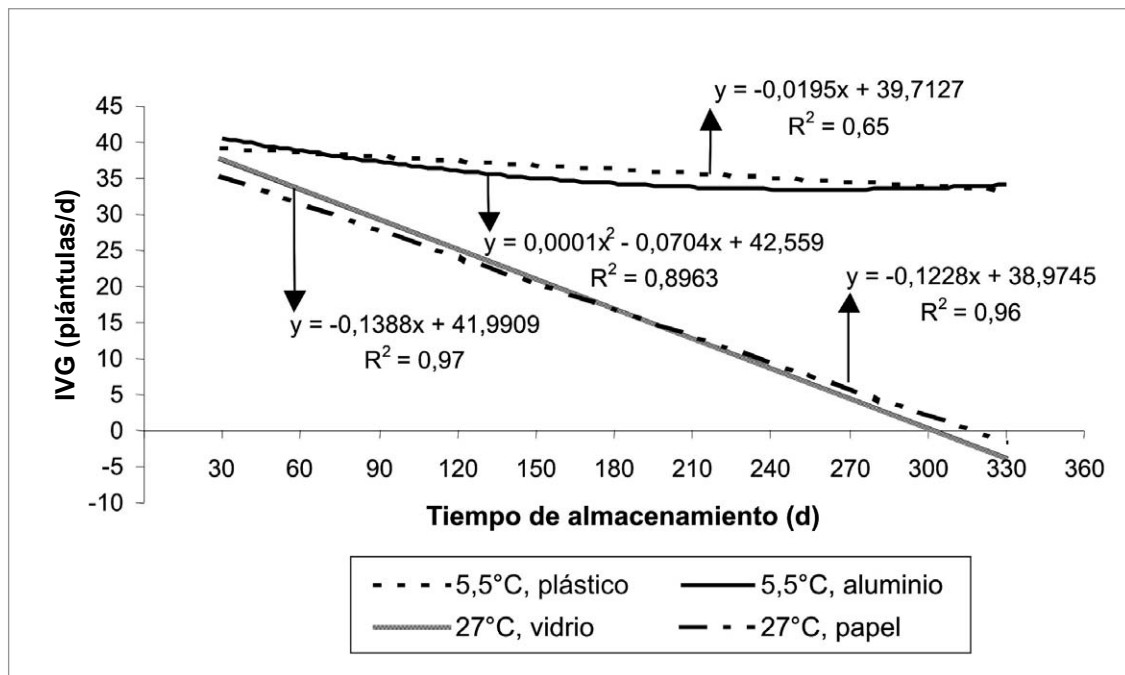


Figura 2. Relación funcional entre el vigor, expresado como índice de velocidad de germinación (IVG), y el tiempo de almacenamiento en semillas de berenjena (*Solanum melongena* L.) cv. Criollo, almacenadas a baja temperatura en bolsas de papel y recipientes de vidrio (Sinú medio, 2005-2006).

El almacenamiento en condiciones ambientales no controladas en bolsa de papel registró una disminución del vigor (índice de velocidad de germinación) con efecto lineal de 0,1228 plántulas/d, mientras que en recipiente de vidrio la disminución fue de 0,1388 plántula/d, también con efecto lineal hasta alcanzar valores cercanos a cero a los 330 días. En condiciones controladas de temperatura y humedad, cuando se utilizó el recipiente plástico la disminución de vigor fue de 0,0195 plántulas/d con efecto lineal; por su parte, con bolsa plástica el IVG disminuyó en 0,0704 plántulas/d con efecto lineal y 0,0001 con efecto cuadrático, observándose una disminución del vigor muy lenta, comparada con la de las condiciones ambientales no controladas. Esta reducción del vigor se asocia con las fluctuaciones de temperatura y la HR (tabla 3 y figura 2), resultados que concuerdan con los reportados por Al-Yahya (2001) en trigo y Demir *et al.* (2005) en berenjena, quienes anotan que la reducción de la germinación y del vigor en semillas ortodoxas es mucho mayor cuando se someten a condiciones de alta temperatura y altos niveles de humedad. Es evidente que en este ensayo los contenidos de humedad de las semillas fueron relativamente altos para una semilla ortodoxa (tabla 5).

Tabla 5. Valores de contenido de humedad de la semilla de berenjena (*Solanum melongena* L.) cv. Criollo, almacenada en dos ambientes y cuatro tipos de empaque.

Tratamiento	Amplitud de variación (%)	Media (%)	CV (%)
T1	5,8 - 16,0	10,8	29,98
T2	6,7 - 15,5	11,1	25,98
T3	4,6 - 13,7	9,8	28,68
T4	4,3 - 12,8	9,8	30,38

El severo deterioro de la semilla como consecuencia de las fluctuaciones de temperatura y HR a lo largo del tiempo, se deriva de ajustes constantes en los contenidos de agua de las semillas almacenadas en empaques permeables y ambientes no secos al vapor de agua, como lo anotan Flores (1996); Carvalho y Nakagawa (2000) y Mendoça *et al.* (2003). Estos deterioros obedecen a un incremento en la tasa de respiración y a una disminución de la actividad de las enzimas antioxidantes que son fundamentales para remover los metabolitos tóxicos producidos por la metabolización de células, como lo sugieren Zeng *et al.* (1998).

El deterioro de la semilla de berenjena, como consecuencia de la forma como la almacenan tradicionalmente los pequeños productores del Valle del Sinú, origina una respuesta variable en la germinación y el desarrollo de las plántulas que, en algunos casos, conlleva a la pérdida total de la viabilidad. Así mismo, su capacidad de respuesta germinativa bajo condiciones menos favorables es débil a causa del desgaste de energía durante el almacenamiento.

Conclusiones

Las semillas de berenjena del cultivar ‘Criollo’ pueden ser almacenadas durante 11 meses bajo condiciones controladas, a temperatura de 5,5°C y 70% de humedad relativa (HR), utilizando indistintamente recipientes plásticos o bolsas de aluminio, sin pérdida importante de la calidad fisiológica.

El almacenamiento de la semilla de berenjena (*Solanum melongena* L. cv. Criollo) bajo las condiciones ambientales naturales de la región del Valle del Sinú, con temperatura media de 27,0 ± 0,43°C y HR media de 86,58 ± 1,44%, utilizando bolsas de papel o recipientes de vidrio, reduce el vigor de las semillas y la capacidad de germinación.

Las temperaturas y humedades relativas altas que se registran en la región del Valle del Sinú pueden estimular el deterioro de las semillas de berenjena almacenadas sin control de temperatura y humedad, porque desencadenan reacciones metabólicas irreversibles que afectan su viabilidad.

Literatura citada

- Aguiar, I.B. y M.B. Figliolia. 1993. Sementes florestais e tropicais Abrates, Brasília. 350 p.
- Aizperrutia, J.C. 1965. El cultivo de la berenjena. Hojas divulgadoras. N°2. Ministerio de Agricultura, Madrid. 19 p.
- Alves, E, R. Paula, A. Oliveira, R. Bruno y A. Diniz. 2002. Germinação de sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. em diferentes substratos e temperaturas. Rev. Brasil. de Sementes 24(1), 169-178.
- Al-Yahya, S.A. 2001. Effect of storage conditions on germination in wheat. J. Agron. Crop Sci. 186(4), 273.
- Bajaj, I.P.S. 1976. Gene preservation through freeze storage of plant cells, tissue and organ culture. Acta Hort. 63(1), 75-84.
- Barros, S., M. Da Silva, S. Ramos y M. Queiroz. 2002. Qualidade de semente de maxixe armazenadas em diferentes embalagens e ambientes. Rev. Ciência Agrotec. 2(3), 539-544.

- Bauer, G., E. Weilenmann De Tau y A. Peretti. 2003. Germination and vigor of soybean seed maturity group III harvested under different climatic conditions. *Rev. Bras. Sementes* 25(2), 53-62.
- Besnier, R.F. 1989. Semillas: biología y tecnología. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 489 p.
- Cardona, C., H. Aramendiz, J. Robles, V. López y J. Ubarnes. 2005. Efecto de diferentes ambientes y empaques sobre la viabilidad de semillas de maracuyá (*Pasiflora edulis* var. 'Flavicarpa danger'). *Rev. Temas Agrarios* 10(2), 15-25.
- Carvalho, N.M. y J. Nakagawa. 1998. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 3 ed. Fundação Cargill. Campinas (Brasil). 424 p.
- Catunda, P.H., H.D. Vieira, R. Ferreira y S.H.C. Prucolli. 2003. Influence of moisture content, packaging and storage environment on yellow passion fruit seed quality. *Rev. Brasil. Sementes* 25(1), 65-71.
- Copeland, L.O. y M.B. McDonald. 1995. Seed science and technology. Chapman & Hall, New York. 410 p.
- Delouche, J.C. 2002. Germinación, deterioro y vigor de semillas. *Seeds News* 6(6). En: http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed66/artigocapa66a_esp.shtml; consulta: junio 2007.
- Delouche, J.C. y C.C. Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Sci. Technol.* 1(2), 427-452.
- Delouche, J.C., R.K. Matthes, G.M. Dougherty y A.H. Boyd. 1973. Storage of seed in subtropical and tropical region. *Seed Science and Technology* 1(2): 671-700.
- Demir, I., S. Ermis, G. Okcu y S. Matthews. 2005. Vigour tests for predicting seedling emergence of aubergine (*Solanum melongena* L.) seed lots. *Seed Sci. Technol.* 33(2), 481-484.
- Flores, Z. 1996. Efecto del almacenamiento sobre la calidad de semillas de *Brachiaria dictyoneura*. *Zootecnia Tropical* 14(2), 113-131.
- Guberac, V., S. Maric, A. Lalic, G. Drezner y Z. Zdunic. 2003. Hermetically sealed storage of cereal seeds and its influence on vigour and germination. *J. Agron. Crop Sci.* 189(1), 54.
- Lin, S.S. 1990. Alterações na lixiviação eletrolítica, germinação e vigor da semente de feijão envelhecida sob alta umidade relativa do ar e alta temperatura. *Rev. Brasil. Fisiol. Vegetal* 2(2), 1-6.
- Lopes, J.C. y M.D. Pereira. 2005. Germination of cubiu seeds under different substrates and temperatures. *Rev. Bras. sementes.* 27(2), 146-150.
- Macedo, E.C.; D. Groth y J. Soave. 1999. Influência da embalagem do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de arroz. *Rev. Brasil. de Sementes* 21(1), 67-65.
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* 2(1), 176-177.
- Mendoça, E., N. Ramos y S. Fessel, S. 2003. Methodology adequation for controlled deterioration test for broccoli (*Brassica oleracea* L. - var. Itálica) seeds. *Rev. Brasil. de Sementes* 25 (1), 18-24.
- Nascimento, W.M. 2005. Vegetable seed priming to improve germination at low temperature. *Hortic. Bras.* 23(2), 211-214.
- Passam, H., K. Akoumianakis y E. Khah. 1999. Long-term storage of aubergine seed following production under high ambient temperatures. *Seed Sci. Technol.* 27(3), 977-980.
- Popinigis, F. 1985. Fisiologia da semente. 2. ed. Agiplan, Brasília. 289 p.
- Powell, A.A. y S. Matthews. 1981. Evaluation of controlled deterioration, a new vigour test for small seeds vegetables. *Seed Sci. Technol.* 9(3), 633-640.
- Rao, N., J. Hanson, M. Dullo, K. Ghosh, D. Nowell y M. Laringe. 2006. Manual of seed handling in genebanks. Handbooks for genebanks No. 8. Bioversity International, International Livestock Research Institute (ILRI), FAO, Rome. 53 p.
- Salinas, A.R., O.S.B. Santos, F.A. Villela, B.G. Santos-Filho, L.A. Souza y M.F. Oliveira. 1998. Fisiologia da deterioração em sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) durante o armazenamento. *Rev. Científica Rural* 3(2), 106-118.
- Santos, C.M., N.L. Menezes y F.A. Villela. 2005. Physiologic and biochemical alterations in artificially aged bean seeds. *Rev. Brasil. Sementes* 27(1), 104-114.
- Teofilo, E. M., Oliveira, S., Esmeraldo, A.M., Madeiros, S. y Barbosa, F.D. 2004. Qualidade fisiológica de sementes de aroreira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em função do tipo de embalagem, ambiente e tipo de armazenamento. *Rev. Ciencia Agrônômica* 35(2), 371-376.
- Willians, R.D. 1980. Moisture stress and hydration-dehydration effects on hemp *Sesbania (Sesbania exaltata)* seed germination. *Weed Science* 28(2), 487-492.
- Woltz, J., D. Tekrony y D. Egli. 2006. Corn seed germination and vigor following freezing during seed development. *Crop Sci.* 46, 1526-1535.
- Yanping, Y., G. Rongqi, S. Qingquan y L. Shengfu. 2000. Vigour of welsh onion seeds in relation to storage temperature and seed moisture content. *Seed Sci. Technol.* 28(3), 817-823.
- Zeng, X.; R. Chen, J. Fu, y X. Zhang. 1998. The effects of water content during storage on physiological activity of cucumber seeds. *Seed Sci. Res.* 8, Supplement 1, 65-68.